

## **PENENTUAN WAKTU PARO BIOLOGI $Tc^{99m}$ MDP PADA PEMERIKSAAN BONE SCANNING**

*Titi Purwati dan Wahyu Setiabudi*

*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang*

*E-mail: : titi.purwati@st.fisika.undip.ac.id*

### **ABSTRACT**

*Nuclear medicine is a branch of medical science to know the anatomy and physiology of the body. One type of nuclear medicine examination is the examination of bone scanning. According to UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic), examination of bone scanning is a type of diagnostic examination which has the largest contribution. Examination of bone scanning using a radiopharmaceutical activity is very high around 320-740 MBq. Because the activity of a given patient is very high, it is necessary to note a half-life in bone biology for radiation protection purposes. Has conducted research on 35 patients in the examination bone scanning to determine the biological half time and the correlation between activity and biological half time. Radioisotopes are used in this examination is  $Tc^{99m}$  with farmaka MDP kit (Methylene Diphosponat) with a half-life of 6.03 hours. On examination, the MDP  $Tc^{99m}$  radiopharmaceutical is injected intravenously into the patient's arm as much as 15-20 mCi. Furthermore, patients will wait for  $\pm 3$  hours and after the enumeration for 10 minutes. Imaging results obtained from the average of the beginning of 627493360 Bq activity and activity after 3 hours of 15290043.495 Bq. Then from the calculation of activity against time  $t$  obtained decay constant is effective with an average of 0.271 h<sup>-1</sup>, the mean decay constants of physics-1 and the average 0,115 hours of biological decay constant of 0.156 h<sup>-1</sup>. The decay obtained from biological half time with an average of 4.434 hours. In this study also found a correlation between the activity after 3 hours with a half-life of -0.94 biology, because the correlation value close to -1 (negative one) then the relationship of these variables have a strong negative correlation.*

*Keywords: Nuclear Medicine,  $Tc^{99m}$  MDP, Bone Scanning, part-time biology*

### **INTISARI**

Kedokteran nuklir merupakan salah satu cabang ilmu kedokteran untuk mengetahui anatomi dan fisiologi tubuh. Salah satu jenis pemeriksaan kedokteran nuklir adalah pemeriksaan bone scanning. Menurut UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effect Atomic), pemeriksaan *bone scanning* merupakan jenis pemeriksaan diagnostik yang mempunyai kontribusi terbesar. Pemeriksaan bone scanning menggunakan aktivitas radiofarmaka sangat tinggi sekitar 320-740 MBq. Karena aktivitas yang diberikan pasien sangat tinggi, maka perlu diketahui waktu paro biologi didalam tulang untuk keperluan proteksi radiasi. Telah dilakukan penelitian pada 35 pasien pada pemeriksaan *bone scanning* untuk mengetahui waktu paro biologi dan korelasi antara aktivitas dan waktu paro biologi. Radioisotop yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah  $Tc^{99m}$  dengan kit farmaka MDP (Methylene Diphosponat) dengan waktu paro 6,03 jam. Pada pemeriksaan tersebut, radiofarmaka  $Tc^{99m}$  MDP disuntikkan secara intravena ke lengan pasien sebanyak 15-20 mCi. Selanjutnya pasien akan menunggu selama  $\pm 3$  jam dan setelah itu dilakukan pencacahan selama 10 menit. Dari hasil pencitraan didapatkan rata-rata dari aktivitas awal sebesar 627493360 Bq dan aktivitas setelah 3 jam sebesar 15290043,495 Bq. Kemudian dari perhitungan aktivitas terhadap waktu  $t$  didapatkan tetapan peluruhan efektif dengan rata-rata 0,271 jam<sup>-1</sup>, rerata tetapan peluruhan fisika sebesar 0,115 jam<sup>-1</sup> dan rerata tetapan peluruhan biologi sebesar 0,156 jam<sup>-1</sup>. Dari peluruhan tersebut didapatkan waktu paro biologi dengan rata-rata sebesar 4,434 jam. Pada penelitian ini juga didapatkan korelasi antara aktivitas setelah 3 jam dengan waktu paro biologi sebesar -0,94, karena nilai korelasi mendekati -1 (negatif satu) maka hubungan variabel tersebut memiliki korelasi negatif yang kuat.

Kata kunci : Kedokteran nuklir,  $Tc^{99m}$  MDP, *Bone Scanning*, Waktu paro biologi

## PENDAHULUAN

Kedokteran nuklir merupakan salah satu cabang ilmu kedokteran yang menggunakan sumber radiasi terbuka untuk mempelajari anatomi, fisiologi, patofisiologi dan biokimia, maupun molekuler imaging sehingga dapat digunakan untuk diagnosis secara in-vivo (radiofarmaka dapat dimasukkan kedalam tubuh pasien baik secara inhalasi, ingesti maupun injeksi, sehingga dapat diketahui fungsi dari berbagai organ target yang akan diketahui) maupun in-vitro. (menggunakan sampel darah dan urin dari pasien untuk mengetahui fungsi hormonal, infeksi, petanda tumor, berbagai obat-obatan dan lain sebagainya [1].

Salah satu pemeriksaan dengan menggunakan kedokteran nuklir yaitu Bone Scanning. Pemeriksaan *bone scanning* digunakan untuk mengetahui metastasis tulang. Metastasis kanker ke tulang dengan radiofarmaka  $Tc^{99m}$  MDP [2]. Dalam penelitian ini yang dibahas adalah waktu paro biologi pada radiofarmaka  $Tc^{99m}$  MDP, karena radiofarmaka  $Tc^{99m}$  memiliki waktu paro fisika sebesar 6,03 jam dan aktivitas  $Tc^{99m}$  yang disuntikkan ke pasien pada pemeriksaan *bone scan* cukup tinggi yaitu 15-20 mCi atau sekitar 320-740 MBq. Karena pemeriksaan *bone scan* merupakan pemeriksaan yang rutin untuk pasien kanker dengan aktivitas tinggi maka dianggap perlu untuk mengetahui waktu paro radiofarmaka  $Tc^{99m}$  MDP didalam tulang dan juga berguna untuk keperluan proteksi radiasi.

## DASAR TEORI

### Radioaktivitas

Radioaktivitas adalah kemampuan inti atom yang tidak stabil untuk memancarkan radiasi dan berubah menjadi inti stabil.

$$A_t = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} \quad (1)$$

Dengan  $T$  adalah waktu paro,  $A_t$  merepresentasikan aktivitas pada waktu  $t$ ,  $A_0$  aktivitas awal [3].

### Waktu Paro

Waktu paro adalah waktu yang diperlukan oleh inti radioaktif untuk meluruh hingga aktivitasnya menjadi setengah aktivitas mula-mula. Proses peluruhan radioaktif berhubungan dengan waktu paro sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut,

$$dN/dt = -\lambda N$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$(1/2) N_0 = N_0 (-\lambda t) \quad (2)$$

$$\lambda = 0,693 / T$$

dengan,  $N$  merupakan jumlah inti yang meluruh terhadap waktu  $t$ ,  $dN$  adalah jumlah inti yang akan meluruh, dan  $N_0$  adalah jumlah inti pada  $t = 0$ .

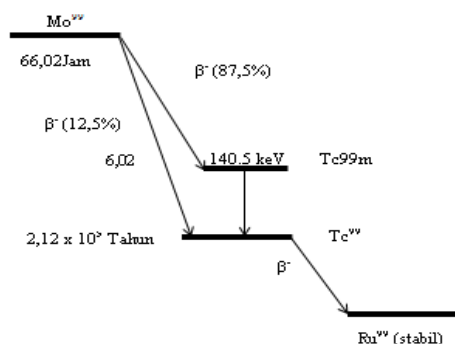
Aktivitas zat radioaktif yang terikat oleh organ tubuh akan berkurang oleh dua sebab, yaitu Pertama adanya peluruhan dan pelepasan sebagian zat radioaktif dari organ kritis karena proses biologi dalam tubuh. Yang kedua proses pengurangan mengikuti proses peluruhan secara eksponensial sehingga memiliki tetapan peluruhan yang disebut dengan tetapan peluruhan efektif yang dirumuskan

$$\lambda_E = \lambda_F + \lambda_B \quad (3)$$

dengan  $\lambda_E$  adalah tetapan peluruhan efektif,  $\lambda_F$  adalah tetapan peluruhan fisika, dan  $\lambda_B$  adalah tetapan peluruhan biologi.

### Radioisotop

Radioisotop untuk diagnostik dengan tujuan memberikan foton yang terdeteksi dengan meminimalkan efek biologis pada sel atau organ, sedangkan dalam terapi radiasi internal yang diinginkan adalah efek sitotoksik. Karakteristik yang harus dipenuhi untuk memperoleh radiofarmaka ideal dalam tujuan diagnostik salah satunya yaitu waktu paro pendek [4]. Radioisotop yang mendekati karakteristik tersebut adalah  $Tc^{99m}$ .

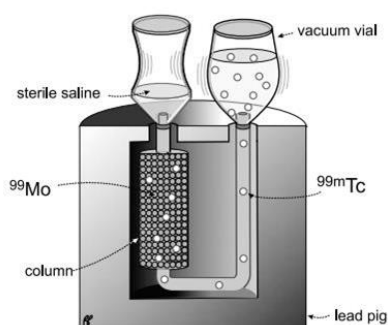


**Gambar 1.** Peluruhan radioisotop dari  $\text{Mo}^{99}$  menjadi  $\text{Tc}^{99m}$ ,  $\text{Tc}^{99m}$  dan akhirnya menjadi isotope stabil  $\text{Ru}^{99}$  [5]

### Generator $\text{Tc}^{99m}$

Generator adalah suatu sistem yang mengandung radioaktif nuklida induk dengan waktu paro relatif panjang yang meluruh menjadi nuklida anak berumur pendek. Radionuklida  $\text{Tc}^{99m}$  memancarkan 89% sinar gamma 140 keV, dengan waktu paro 6 jam melalui transisi isomerik meluruh menjadi  $\text{Tc}^{99m}$ , sehingga sangat cocok digunakan dalam pencitraan kamera gamma [6].

Generator  $\text{Mo}^{99} \text{ Tc}^{99m}$  menggunakan  $\text{Mo}^{99}$  yang dimasukan kedalam bentuk ion molibdat ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ), yang diletakkan dalam coloum alumina yang telah dialiri cairan garam  $\text{NaCl}$  pada coloumn alumina tersebut, sehingga terbentuk  $\text{TcO}_4^-$  yang telah terpisah dari induknya yang beradiasi seperti terlihat pada Gambar 2



**Gambar 2.** Generator  $\text{Tc}^{99m}$  [7]

### $\text{Tc-99m}$ MDP

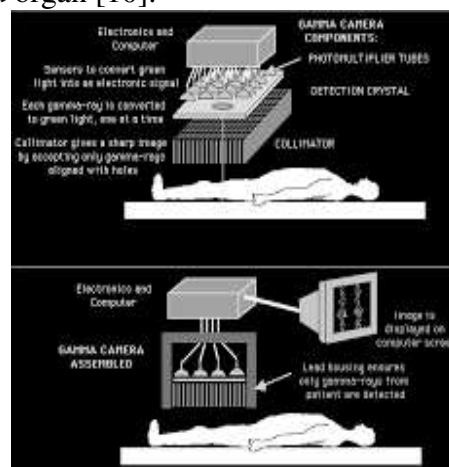
Dalam beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa  $\text{Tc}^{99m}$  MDP dalam *Bone*

*Scanning* dapat digunakan untuk, mendiagnosa, dan mendeteksi berbagai penyakit manusia terutama pada bagian tulang [8].

Radiofarmaka  $\text{Tc}^{99m}$  MDP cepat dihilangkan dari dalam darah dan selanjutnya sebagian besar terakumulasi di dalam sistem rangka. Senyawa fosfonat dapat digunakan sebagai senyawa penyidik tulang karena senyawa ini dapat terakumulasi di tulang berdasarkan ikatan antara gugus fosfonat dengan ion kalsium yang terdapat pada kristal hidroksiapatit., Tulang terdiri dari kalsium mineral (hidroksiapatit), fosfor, natrium, dan magnesium Kelompok phosphate dari permukaan matrik tulang bereaksi dengan kelompok  $\text{PO}_3\text{H}_2$  dari MDP yang terikat dengan Teknesium. Kemudian hasil reaksi pertukaran ion ini terlihat dari aktivitas  $\text{Tc}^{99}$  di dalam matrik tulang [9].

### Kamera Gamma

Kamera gamma atau yang disebut juga kamera sintilasi merupakan peralatan untuk mencitrakan distribusi radionuklida secara statik atau dinamik pada pemeriksaan in vivo kedokteran nuklir sehingga dapat diketahui jumlah radionuklida yang mengendap di dalam suatu organ [10].



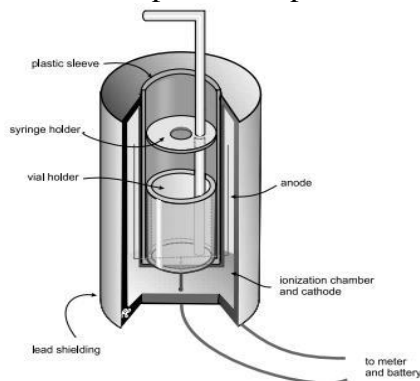
**Gambar 3.** Skema Kamera Gamma [11]

Kamera gamma akan mendeteksi densitas sinar gamma suatu area, energi dan arah cahayanya. Komponen utama di dalam kamera gamma adalah detektor  $\text{NaI(Tl)}$  dan

pembobotan sinyal dari susunan *photomultiplier tubes* (PMT) untuk menentukan lokasi pendeteksian yang dilakukan. Selain itu, terdapat juga kolimator dan penyeleksi sinyal (*channel analyzer*), yang dalam hal ini digunakan *multi channel analyzer* (MCA) [12].

### Dose Calibrator

*Dose calibrator* merupakan salah satu jenis alat ukur radiasi yang menggunakan detektor kamar pengion yang berbentuk silinder dengan dinding bagian luar dan dalam berfungsi sebagai katoda dan silinder konsentris diantara dinding silinder sebagai anoda. Di dalam silinder tersebut biasanya diisi gas argon atau nitrogen. Diagram *dose calibrator* dapat dilihat pada Gambar 4



**Gambar 4.** *Dose calibrator*

Secara teoritis, radiasi yang dipancarkan oleh isotop yang dimasukkan ke dalam sumur *dose calibrator* akan mengionkan molekul gas yang ada di dalam kamar pengion sehingga membentuk ion positif serta elektron. Akibat pengaruh medan listrik, ion positif akan terkumpul pada katoda dan elektron akan terkumpul pada anoda. Pengumpulan partikel-partikel elektron tersebut menghasilkan arus ionisasi yang dapat diukur dengan alat bantu elektronik.

### Bone Scanning

Pemeriksaan *bone scan*, yang juga dinamakan *bone scintigraphy*, adalah tes berbasis metode teknologi pencitraan (*imaging*

*tes*) yang digunakan untuk menentukan apakah kanker sudah menyebar ke tulang. Pada pemeriksaan ini, tidak hanya dilakukan untuk melihat penyebaran kanker ke tulang tetapi juga dapat mengetahui adanya keretakan pada tulang biasanya dilakukan *bone scan three phase* (3-phase). *Bone scan 3-phase* merupakan pengambilan citra oleh kamera gamma dilakukan setelah penyuntikan radiotracer ke dalam vena, dan pengambilan citra berikutnya dilakukan lagi 3-4 jam sesudah penyuntikkan, yaitu pada waktu radiotracer sudah diserap oleh tulang dan organ-organ dalam tubuh. Pemeriksaan *3-phase* biasanya pasien yang menderita *osteomyelitis* (proses inflamasi akut atau kronik pada tulang dan struktur sekundernya karena infeksi oleh bakteri piogenik), obstruksi pada bagian tertentu dan fraktur patologis [13].

Proses pemeriksaan *bone scan* dimulai dengan menyuntikkan *radiotracer* ke pembuluh vena di tangan. Zat radiaktif pada radiotracer tersebut akan mengikuti aliran darah ke seluruh tubuh, mencapai tulang dan organ-organ dalam tubuh. Dalam proses tersebut, aktivitas paparan radiasi makin lama akan berkurang jumlahnya. Pengambilan citra *bone scan* ini dilakukan sesudah 3-4 jam penyuntikkan radiotracer. Dalam waktu sekitar 3-4 jam setelah penyuntikan  $Tc^{99m}$  MDP atau radiotracer, pasien disarankan untuk minum air putih dengan jumlah banyak (biasanya 3 liter) untuk menghindari supaya radiotracer tidak terkumpul lama di kandung kemih. Pengambilan citra *bone scan* menggunakan sebuah alat yang disebut kamera gamma dan lamanya proses scanning  $\pm 10$  menit dalam keadaan pasien berbaring dan tidak bergerak dalam waktu tersebut. Hasil pemeriksaan *bone scan* dikatakan normal jika radiotracer ditemukan menyebar merata ke seluruh tulang dan bagian tulang. Sedangkan pada *Bone scan* yang abnormal akan menunjukkan titik-titik panas (*hot spots*) dan titik-titik dingin (*cold spots*) dibandingkan dengan daerah tulang sekitarnya. *Hot spots* adalah daerah di mana didapati peningkatan akumulasi zat

radioaktif. *Cold spots* adalah daerah yang terlihat hanya menyerap lebih sedikit zat radioaktif.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan teknik pengambilan data prospektif dimana data yang digunakan berasal dari pemeriksaan langsung dengan 35 pasien di ruang pemeriksaan kedokteran nuklir RSPAD. Metode pemeriksaan paparan aktivitas didalam tubuh dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut : Dilakukan pendataan kondisi pasien seperti: umur, jenis kelamin, dan aktivitas radiofarmaka, radiofarmaka Tc99m-MDP disuntikkan kedalam tubuh pasien secara intravena dengan dosis  $\pm 15-20$  mCi. Dan setelah pasien disuntik, pasien akan menunggu didalam ruangan khusus dan menunggu selama  $\pm 3-4$  jam. kemudian pasien melakukan scanning selama 10 menit dan dari hasil scanning tersebut didapatkan nilai cacahan.

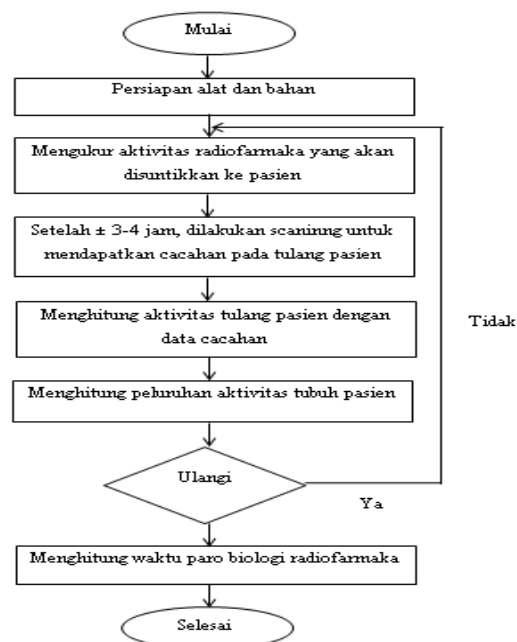
Untuk metode pengolahan data pasien terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

### 1. Aktivitas

Untuk mendapatkan aktivitas radiofarmaka didapatkan dari dosis yang diberikan pasien dan cacahan yang dihasilkan dari proses scanning.

### 2. Waktu paro biologi

Untuk mendapatkan waktu paro biologi dapat dihasilkan peluruhan biologi dari selisih peluruhan efektif dan fisika. Sehingga dari hasil



Gambar 5. Diagram alir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengumpulan data penelitian menentukan waktu paro biologi pada pemeriksaan *bone scanning* didapatkan sampel sebanyak 35 obyek yang terdiri atas 16 laki-laki dan 19 perempuan dengan diagnosa penyakit kanker nasofaring, kanker prostat dan kanker payudara. Pada penelitian ini, rerata dosis injeksi yang diberikan kepada pasien adalah 18,434 mCi. Perolehan tersebut tidak melebihi dosis injeksi maksimum untuk bone scan yang dianjurkan oleh IAEA (*International Atomic Energy Agency*) yaitu 740 MBq atau setara dengan 20 mCi. Kemudian aktivitas awal yaitu sebesar 627493360 Bq.

Menurut teori, aktivitas suatu zat radioaktif akan meluruh dengan bertambahnya waktu, maka untuk menganalisa perolehan sisa radiofarmaka, selain dosis injeksi, perlu diketahui rentang waktu dalam pengukuran aktivitas, pada penelitian ini yaitu mulai dari Tc<sup>99m</sup> MDP diinjeksikan kedalam tubuh pasien hingga pemeriksaan selesai, yang selanjutnya disebut dengan lama pemeriksaan. Lama pemeriksaan yang diharapkan untuk setiap

pasien sama, yaitu (120-180) menit, tetapi hasil yang diperoleh tidak semua tepat sesuai rentang tersebut. Setelah  $\pm 3$  jam, dilakukan pengukuran aktivitas terhadap waktu radiofarmaka didalam tubuh terutama pada tulang yaitu sebesar 15290043,495 Bq. Dari aktivitas radiofarmaka tersebut akan mendapatkan peluruhan efektif sebesar  $0,271 \text{ Jam}^{-1}$ . Untuk mendapatkan tetapan peluruhan biologi digunakan selisih tetapan peluruhan efektif dan tetapan peluruhan fisika. dimana tetapan peluruhan fisika sebesar  $0,115 \text{ Jam}^{-1}$  sehingga dari selisih tersebut didapatkan dengan rentang  $0,027 \text{ Jam}^{-1}$  ( $0,143 - 0,169$ )  $\text{Jam}^{-1}$ . Sehingga dari tetapan peluruhan biologi bisa didapatkan waktu paro biologi. waktu paro biologi pasien adalah 4,434 Jam dengan rentang 0,759 Jam ( $4,089 - 4,848$ ) Jam.

Hal ini menunjukkan bahwa dalam rentang waktu  $\pm 3$  jam pasien pada pemeriksaan bone scanning ini memiliki waktu paro biologi hampir mendekati waktu paro fisika. Untuk mengetahui lebih detail waktu paro biologi, maka akan dibedakan sesuai penyakit yang dialami pasien.

### 1. Waktu Paro Biologi Pada Pasien Kanker Nasofaring

Pada pemeriksaan ini terdapat 13 pasien penderita kanker nasofaring, rata-rata waktu paro biologi pada pasien kanker nasofaring adalah 4,352 jam dengan range 0,394 jam ( $4,089 - 4,483$ ) jam.

### 2. Waktu Paro Pada Pasien Kanker Prostat

Pada pemeriksaan ini terdapat 2 pasien penderita kanker prostat dengan rata-rata waktu paro biologi pada pasien kanker prostat adalah 4,348 jam dengan range 0,277 jam ( $4,209 - 4,486$ ) jam.

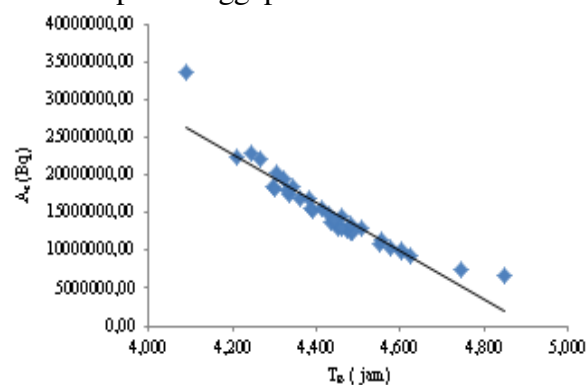
### 3. Waktu Paro Pada Pasien Kanker Payudara

Pada tabel 4.6, dapat dilihat terdapat 20 pasien penderita kanker payudara dengan rata-rata waktu paro biologi sebesar 4,497 jam dengan range sebesar 0,554 jam ( $4,295 - 4,848$ ) jam.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan beberapa faktor yang mempengaruhi hasil tersebut

adalah jumlah air yang diminum tiap pasien berbeda ini dikarenakan meminum air dengan jumlah banyak tidak hanya dapat meningkatkan kualitas pencitraan tetapi juga untuk membantu mempercepat radiofarmaka  $\text{Tc}^{99\text{m}}$  MDP keluar dari dalam tubuh melalui urine, kemudian daya tangkap tubuh tiap orang berbeda antara satu radiofarmaka dengan radiofarmaka lainnya, dan juga ada proses terjadinya pengikatan MDP didalam kanker tulang.

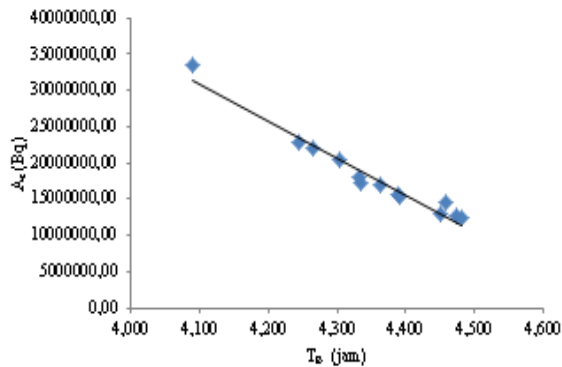
Menurut [14], pengaruh waktu paro biologi berbeda tiap pasien tersebut disebabkan oleh beberapa faktor yaitu dosis yang diberikan kepada pasien dan lamanya pemeriksaan. Hal ini memperkuat anggapan bahwa lama pemeriksaan sangat berpengaruh terhadap sisa radiofarmaka yang tertinggal di dalam tubuh pasien, sesuai dengan teori dimana zat radioaktif yang tidak stabil akan berubah menjadi stabil dengan memancarkan radiasi (proses peluruhan) yang terjadi per satuan waktu. Dari pengaruh sisa radiofarmaka tersebut dapat mempengaruhi waktu paro biologi pada pasien. Untuk itu perlu dilihat bagaimana korelasi antara aktivitas dan waktu paro biologi dengan mengumpulkan data lama pemeriksaan yang sama sehingga parameter waktu dapat dianggap konstan.



**Gambar 6.** Hubungan antara aktivitas setelah 3 jam dengan waktu paro biologi

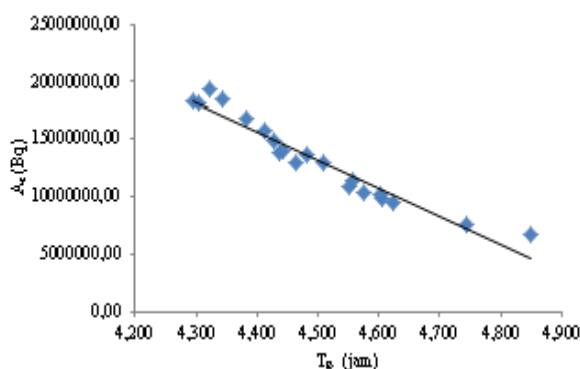
Pada gambar 4.4, dapat dilihat hubungan antara aktivitas dengan waktu paro biologi berbentuk grafik linear dengan korelasi sebesar  $-0,94$ . Koefisien korelasi akan selalu berada di dalam range  $-1 \leq r \leq +1$ , karena nilai

koefisien korelasi mendekati -1 (negatif satu) maka hal ini menunjukkan pasangan data variabel x dan variabel y memiliki korelasi linear negatif yang kuat atau erat.



**Gambar 7.** Hubungan antara aktivitas setelah 3 jam dengan waktu paro biologi pada pasien kanker Nasofaring

Pada gambar grafik 4.5 dapat dilihat garis grafik linier. Dari grafik tersebut didapatkan korelasi sebesar -0,98. Koefisien korelasi akan selalu berada di dalam range  $-1 \leq r \leq +1$ , karena nilai koefisien korelasi mendekati -1 (negatif satu) maka hal ini menunjukkan pasangan data variabel x dan variabel y memiliki korelasi linear negatif yang kuat atau erat.



**Gambar 8.** Hubungan antara aktivitas setelah 3 jam dan waktu paro biologi pada pasien kanker Payudara

Pada gambar grafik 4.6 dapat dilihat garis grafik linier. Dari grafik tersebut didapatkan korelasi sebesar -0,967. Koefisien korelasi akan selalu berada di dalam range  $-1 \leq$

$r \leq +1$ , karena nilai koefisien korelasi mendekati -1 (negatif satu) maka hal ini menunjukkan pasangan data variabel x dan variabel y memiliki korelasi linear negatif yang kuat atau erat.

Untuk korelasi pasien nasofaring didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n\sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n\sum y^2 - (\sum y)^2\}}} \quad (4)$$

dengan n adalah banyaknya pasangan data x dan y,  $\sum x$  adalah total jumlah dari variabel x,  $\sum y$  adalah total jumlah dari variabel y,  $\sum x^2$  adalah kuadrat dari total jumlah variabel x,  $\sum y^2$  adalah kuadrat dari total jumlah variabel y,  $\sigma_{xy}$  adalah hasil perkalian dari total jumlah variabel x dan variabel y.

Dari persamaan tersebut didapatkan korelasi pada nasofaring sebesar -0,02. Karena nilai koefisien korelasi menjauhi -1 (negatif satu) maka hal ini menunjukkan pasangan data variabel x dan variabel y memiliki korelasi linear negatif yang lemah.

## KESIMPULAN

Hasil-hasil dari penelitian yang telah dilakukan, memberi kesimpulan sebagai berikut :

1. Rerata waktu paro biologi dalam tubuh pasien pada pemeriksaan bone scaning adalah 4,434 Jam dengan rentang 0,759 Jam (4,089 – 4,848) Jam.
  - Pada pasien kanker nasofaring, waktu paro biologi adalah 4,352 jam dengan range 0,394 jam (4,089 -4,483) jam.
  - Pada pasien kanker prostat, waktu paro biologi adalah 4,348 jam dengan range 0,277 jam (4,209-4,486) jam
  - Pada pasien kanker payudara, waktu paro biologi adalah 4,497 jam dengan range sebesar 0,554 jam (4,295 – 4,848) jam.
2. Korelasi antara aktivitas setelah 3 jam dan waktu paro biologi memiliki nilai korelasi linear negatif sebesar -0,94.

- Korelasi antara aktivitas setelah 3 jam dan waktu paro biologi pada pasien kanker nasofaring memiliki nilai korelasi linear negatif sebesar -0,98.
- Korelasi antara aktivitas setelah 3 jam dan waktu paro biologi pada pasien kanker prostat memiliki nilai korelasi sebesar -0,02.
- Korelasi antara aktivitas setelah 3 jam dan waktu paro biologi pada pasien kanker payudara memiliki nilai korelasi linear negatif sebesar -0,967.

Dari ketiga pemeriksaan kedokteran nuklir didapatkan koefisien korelasi aktivitas setelah 3 jam dan waktu paro biologi pada pasien kanker nasofaring dan kanker payudara memiliki korelasi linear yang kuat, sedangkan pada pemeriksaan kanker prostat dimana hubungan korelasi antara variabel tersebut lemah.

## SARAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka saran yang sebaiknya dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Untuk mendapat nilai waktu paro biologi yang lebih akurat, diharapkan memperbanyak subyek penelitian.
2. Berdasarkan hasil penelitian, disarankan pada pasien untuk membatasi jarak 1 meter pada saat berinteraksi dengan masyarakat selama 1 hari setelah penyuntikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] BATAN, 2007, *Nuklir di Bidang Kedokteran dan Kenormalan*, Pusat Diseminasi Iptek Nuklir.
- [2] Neeta, P.T., batraki, M., divgi C.R., 2004, Radiopharmaceuticals therapy for palliation of bone pain from osseous metastases, *J. Nucl. Med.*, 45 1358-1365.
- [3] Bushberg, J.T., Anthony S., Edwin M.L., John M.B., 2002, *The Essential Physics of Medical Imaging Second Edition*, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
- [4] Khalil, M.M, 2011, *Basic Sciences of Nuclear Medicine*, Springer, United Kingdom.
- [5] Awaludin, Rohadi, 2011, "Radioisotop Teknesium-99m dan Kegunaanya", *IPTEK ILMIAH POPULER*, Buletin Alara volume 13 No.2 Desember 2011, 61-65, Tangerang: BATAN.
- [6] De lima, J. J. P., 2011, *Nuclear Medicine Physics*, US America : Taylor and Francis Group.
- [7] Powsner, R.A. dan Powsner, E.R, 2006, *Essential Nuclear Medicine Physics Second Edition*, Blackwell Publishing, Massachutes.
- [8] Namwongprom S., Nunez R., Kim EE, 2007, Tc-99m MDP Bone Scintigraphy And Positron Emission Tomography/Computed Tomography (PET/CT) Imaging, *Erdheim-Chester disease. Clin Nucl Med.* ; 32(1):35-8.
- [9] Hafiz, Teguh, Miyesti, 2011, *Studi Banding Karakteristik Fisiko-Kimia Tc99m CTMP dan Tc99m MDP Sebagai Radiofarmaka Penyidik Tulang*, PTNBR-BATAN, Bandung.
- [10] Hussein, A.S., 2011, *Instrumentasi Untuk Pencitraan Kedokteran Nuklir*, FK UNPAD, Bandung.
- [11] Suryanti, Rini, 2011, *Penentuan Dosis Internal Berbagai Organ Pada Pemeriksaan Bone Scan 99Tcm-MDP Dengan Metode MIRD*, Balai Penerbit FMIPA UI, Jakarta.
- [12] Madsen, M.T, 2004, *Nuclear Medicine Imaging Instrumentation*, MC Graw Hill, Iowa.
- [13] Rasad, S., 2005, *Radiologi Diagnostik Edisi Kedua*, Balai Penerbit FKUI, Jakarta.
- [14] Milvita, D., Sri, Hajjatun, Fadil, 2013, *Analisis Akumulasi Radiofarmaka Tc99mMDP Pada Pasien Kanker Payudara*, STTN-BATAN, Yogyakarta.